



УТВЕРЖДАЮ:

Ректор ТУСУР

доктор технических наук

Гулевский Виктор Михайлович

» _____ 20__ г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»

Диссертация «Синтез робастных регуляторов для систем с интервально-определенными параметрами, гарантирующих нулевое значение перерегулирования» выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» на кафедре автоматизации обработки информации (АОИ) Факультета систем управления.

В период подготовки диссертации соискатель Цавнин Алексей Владимирович работал в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» в отделении автоматизации и робототехники Инженерной школы информационных технологий и робототехники.

В 2017 г. окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по направлению 27.04.04 «Управление в технических системах», диплом с отличием.

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2021 г Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»

Научный руководитель – Замятин Сергей Владимирович, к.т.н., доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», проректор по программам развития, доцент кафедры автоматизированных систем управления (АСУ).

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

1. Актуальность диссертационной работы, оценка выполненной соискателем работы

При разработке и внедрении систем управления технологическими процессами к ним предъявляются требования, определяющие качество производимой продукции. Одним из таких требований может являться отсутствие перерегулирования в контурах систем управления. Начиная с 70-ых годов XX века, проведены многочисленные исследования в области корневых подходов к синтезу регуляторов в составе систем управления как отечественными, так и зарубежными специалистами. Ряд работ посвящен разработке подходов к синтезу регуляторов, обеспечивающих для систем управления как некоторое минимально допустимое значение перерегулирования, так и его нулевое значение, в основе

которых лежат как алгебраические критерии, так и частотные. В дальнейших работах получены правила взаимного расположения нулей и полюсов передаточной функции (ПФ) замкнутой системы (ЗС), гарантирующие монотонный переходный процесс. Несмотря на то, что на основе множества разработанных критериев сформулирован целый ряд методов и подходов к синтезу регуляторов различной структуры и проведен их сравнительный анализ, задача синтеза регуляторов, обеспечивающих нулевое перерегулирование в различных системах управления, остается актуальной и в настоящее время. Кроме того, стоит обратить внимание на тот факт, что методы синтеза регуляторов, в частности, ряд общеизвестных методов, таких как Циглера-Никольса, CHR, Коэна-Куна и др. позволяют получить устойчивые решения, но не дают представления о всей области допустимых значений настроечных коэффициентов регуляторов, что требуется для корректировки значений параметров, обусловленной изменяющимися условиями функционирования. Кроме того, стоит обратить внимание на тот факт, что представленные исследования и разработки представлены для класса линейных стационарных систем управления, но в силу технологических факторов, изменения окружающих условий, износа оборудования, действия возмущений, погрешности измерений параметры объекта управления (ОУ) могут изменяться не только в различных диапазонах, но и с различной динамикой. Несмотря на эти изменения, система управления должна отвечать заданным требованиям функционирования для выполнения технико-экономических показателей, а также для обеспечения безопасности людей и окружающей среды. В частности, для ряда систем управления, таким требованием является нулевое значение перерегулирования в условиях интервально-определенных параметров ОУ.

2. Личное участие автора в получении результатов

Автором сформулированы аналитические ограничения на значения настроечных коэффициентов регуляторов в составе линейных стационарных систем управления для ОУ с ПФ второго порядка, гарантирующие вещественные значения полюсов ПФ ЗС, а также аналитические ограничения на значения настроечных коэффициентов регуляторов, обеспечивающие отсутствие перерегулирования. Полученные результаты в общем виде расширены на класс систем управления с интервально-определенными параметрами, сформулированы дополнительные ограничения, обусловленные интервальным характером параметров ОУ. С учетом полученных результатов разработана методика расчета настроечных коэффициентов регуляторов, обеспечивающего нулевое перерегулирование для систем управления с интервально-определенными параметрами. Автором разработано ПО для автоматизации сформулированной методики.

3. Степень достоверности результатов работы

Достоверность результатов и выводов работы обеспечивается строгостью используемых математических методов, непротиворечивостью результатов и выводов с ранее полученными данными исследований, а также результатами натурального эксперимента на лабораторной и производственной установках.

4. Научная новизна результатов, изложенных в диссертации

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующих пунктах.

– Получены математические соотношения значений настроечных коэффициентов регуляторов, гарантирующих нулевое значение перерегулирования для линейных стационарных систем управления, отличающиеся аналитическим построением границ

областей значений настроечных коэффициентов регуляторов, обеспечивающих нулевое значение перерегулирования.

– Предложена методика отображения многопараметрического интервального корневого годографа (МИКГ) на плоскости зависимостей значений настроечных коэффициентов регуляторов, отличающаяся аналитическим построением границ областей настроечных коэффициентов регуляторов, за счет использования только двух передаточных функций из интервального семейства, обеспечивающих отсутствие выхода управляемой величины за величину уставки.

– Разработан алгоритм параметрического синтеза регуляторов для систем управления с интервально-определенными параметрами, отличающийся гарантией обеспечения нулевого значения перерегулирования в системе управления на всем диапазоне значений интервально-определенных параметров объектов управления.

5. Практическая значимость

Полученные в ходе исследования результаты позволяют устранить перерегулирование в различных системах управления с интервально-определенными параметрами технологическими процессами. Разработанная методика синтеза регуляторов реализована в виде зарегистрированного программного приложения, позволяющего инженерам осуществлять необходимые расчеты.

Полученные результаты применены в задаче устранения перерегулирования в системе управления уровнем жидкости в установке неразрушающего контроля (АО НИИЭФА, г. Санкт-Петербург). Кроме того, результаты внедрены в учебный процесс Отделения автоматизации и робототехники Томского политехнического университета (ОАР ТПУ) в рамках дисциплины «Моделирование систем управления» для изучения и апробации различных методов и подходов к синтезу регуляторов в составе систем управления.

6. Специальность, которой соответствует диссертация

Диссертационная работа Цавнина Алексея Владимировича посвящена совершенствованию научных основ синтеза регуляторов типовой структуры, как ключевого элемента систем управления, функционирующих в нормальных и специальных условиях. Диссертация по своему содержанию соответствует специальности 05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления», что подтверждается следующими защищаемыми положениями с уточнением соответствия пунктам паспорта данной специальности.

– Математические соотношения значений настроечных коэффициентов регуляторов, которые позволяют аналитически получить ограниченные области значений настроечных коэффициентов регуляторов, гарантирующих нулевое значение перерегулирования в линейных стационарных системах управления. (Соответствует пункту 1 паспорта специальности).

– Методика отображения МИКГ на плоскости параметров регуляторов, которая позволяет построить области настроечных коэффициентов регуляторов, за счет использования только двух передаточных функций из интервального семейства, обеспечивающих отсутствие выхода управляемой величины за величину уставки. (Соответствует пункту 1 паспорта специальности).

– Алгоритм параметрического синтеза регуляторов для систем управления с интервально-определенными параметрами, позволяющих обеспечить нулевое значение перерегулирования в системе управления при изменении значений параметров ОУ в пределах определенных интервалов. (Соответствует пункту 2 паспорта специальности).

7. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных автором

Основные результаты по теме диссертации изложены в 11 печатных публикациях. 3 публикации изданы в журналах, рекомендованных ВАК, 4 тезиса докладов на русском языке, 3 публикации, проиндексированные в базе Scopus, в том числе статья в журнале второго квартала (Q2), а также свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Научные публикации по теме диссертации в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК

1. Цавнин А. В. Корневой подход к синтезу параметров ПИД-регулятора, гарантирующий отсутствие перерегулирования в переходной характеристике системы управления / А. В. Цавнин, С. В. Ефимов, С. В. Замятин // Доклады ТУСУР. – 2019. – Т. 22, № 2. – С. 77–82.
2. Цавнин А. В. Построение внешней границы области локализации полюсов передаточной функции с интервально-заданными параметрами / А. В. Цавнин, С. В. Ефимов, С. В. Замятин // Сибирский журнал науки и технологий. 2019. Т. 20, № 3. С. 327–332.
3. Цавнин А.В. Метод синтеза регулятора робастного по перерегулированию для АСУ ТП с параметрической неопределенностью / А.В. Цавнин, А.Ю. Зарницын, С.В. Ефимов, И.А. Подковыров, С.В. Замятин // Промышленные АСУ и контроллеры. 2021. № 4. С. 3-11.

Научные публикации по теме диссертации в рецензируемых изданиях, входящих в Scopus и Web of Science

4. Tsavnin A.V. Overshoot Elimination for Control Systems with Parametric Uncertainty via a PID Controller / A.V. Tsavnin, S.V. Efimov, S.V. Zamyatin // Symmetry. – 2020.–Vol.12, №7.– P. 1–14.

Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ

5. Цавнин А.В. Метод синтеза регулятора робастного по перерегулированию для АСУ ТП с параметрической неопределенностью / А.В. Цавнин, А.Ю. Зарницын, С.В. Ефимов, И.А. Подковыров, С.В. Замятин // Промышленные АСУ и контроллеры. 2021. № 4. С. 3-11.

Тезисы всероссийских и международных конференций

6. Цавнин А.В. Обеспечение вещественных значений полюсов замкнутой системы управления для решения задачи устранения перерегулирования / А.В. Цавнин, С.В. Ефимов, С.В. Замятин // Тезисы XIX Всероссийской конференции молодых учёных по математическому моделированию и информационным технологиям, Кемерово 2018. С. 47-48.
7. Цавнин А.В. Влияние вещественного нуля на прямые показатели качества в системе 3-го порядка при различных вариантах доминирования // X Камские чтения. Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Набережные Челны 2018. С. 166-170.
8. Цавнин А.В. Метод синтеза ПИД-регулятора, обеспечивающий вещественные полюса замкнутой системы для колебательного звена второго порядка / А.В. Цавнин, С.В. Ефимов, С.В. Замятин // Электронные средства и системы управления. Материалы докладов Международной научно-практической конференции, Томск 2018. № 1-2. С. 26-29.
9. Цавнин А. В. Обеспечение вещественных значений полюсов замкнутой системы управления / А. В. Цавнин; науч. рук. С. В. Замятин // Молодежь и современные информационные технологии : сборник трудов XVI Международной научно-

- практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, 3-7 декабря 2018 г., г. Томск. — Томск: Изд-во ТПУ, 2018. — [С. 249-250].
10. Tsavnin, Alexey Vladimirovich. PID-controller coefficients choice approach providing non-overshoot step response [Electronic resource] / A. V. Tsavnin, S. V. Efimov, S. V. Zamyatin // 14th International Forum on Strategic Technology (IFOST-2019), October 14-17, 2019, Tomsk, Russia [proceedings]: . — Tomsk: TPU Publishing House, 2019. — [С. 407-410]. — Заглавие с экрана. — [Библиогр.: с. 410 (15 назв.)]. — Свободный доступ из сети Интернет.
11. Tsavnin A.V. Providing real closed-loop transfer functions poles for plant with interval-given parameters for overshoot elimination / A.V. Tsavnin, S.V. Efimov, S.V. Zamyatin // The 11th International Congress On Ultra Modern Telecommunications And Control Systems 2019 October 28 - 30, 2019, Dublin, Ireland.

8. Общее заключение

Диссертация Цавнина А.В «Синтез робастных регуляторов для систем с интервально-определёнными параметрами, гарантирующих нулевое значение перерегулирования» рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Заключение принято на заседании научно-технического семинара кафедры компьютерных систем в управлении и проектировании (КСУП) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»

Присутствовало на заседании 8 человек, из них 5 докторов наук. 3 кандидата наук. Результаты голосования: «за» – 8 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 28 от «28» июня 2021 г.

Председатель семинара,
доктор технических наук,
профессор, заведующий
кафедрой компьютерных систем в
управлении и проектировании

Юрий Алексеевич
Шурыгин

Секретарь семинара,
доктор технических наук,
профессор
кафедры компьютерных систем в
управлении и проектировании

Тарас Викторович
Ганджа

Подпись Шурыгина Ю.А., Ганджи Т.В. удостоверяю.

Ученый секретарь Томского
государственного университета
систем управления и
радиоэлектроники



Елена Викторовна
Прокопчук